

⑫ 公開特許公報 (A) 平3-18741

⑬ Int. Cl.⁵
G 01 N 19/02識別記号 庁内整理番号
A 6611-2G
C 6611-2G

⑭ 公開 平成3年(1991)1月28日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全9頁)

⑮ 発明の名称 摩擦計測装置

⑯ 特 願 平1-153898

⑰ 出 願 平1(1989)6月16日

⑱ 発明者 高橋 瞳 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式会社東京計器内

⑲ 発明者 伊東 公四郎 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 東計エンジニアリング株式会社内

⑳ 発明者 木村 節朗 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式会社東京計器内

㉑ 出願人 株式会社東京計器 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号

㉒ 代理人 弁理士 竹内 進 外1名

明細書

1. 発明の名称

摩擦計測装置

2. 特許請求の範囲

(1) 円環状の試料を計測面に任意の設定荷重により押圧した状態で所望の速度で定速回転させる機構部と；

該機構部による試料の角速度を計測する回転計測部と；

前記機構部により試料を定速回転した時のトルクを計測するトルク計測手段と；

前記試料及び摩擦計測面の温度を同一と見做していざれか一方の温度を計測する温度計測部と；

前記トルクの各計測値と前記試料を含む回転部の重量及び試料平均半径に基づいてその時の回転速度における摩擦係数を演算する摩擦係数演算手段と；

前記計測温度及び前記試料のガラス転移点に基

づき、温度依存性をもたない速度と摩擦係数の関係を示すマスタカーブ上の変換速度を演算する速度変換部と；

該速度変換部による変換速度を指示パラメータとして前記摩擦係数演算手段で算出された摩擦係数の値を記憶する記憶手段と；

を備えたことを特徴とする摩擦計測装置

(2) 円環状の試料を計測面に任意の設定荷重により押圧した状態で所望の速度で回転させる機構部と；

該機構部による試料の角速度及び又は角加速度を計測する回転計測部と；

前記試料及び摩擦計測面の温度を同一と見做していざれか一方の温度を計測する温度計測部と；

前記角速度及び又は角加速度、予め設定された前記試料を含む回転部の全慣性モーメント、重量及び試料平均半径に基づいてその時の回転速度における摩擦係数を演算する摩擦係数演算手段と；

前記計測温度及び前記試料のガラス転移点に基づき、温度依存性をもたない速度と摩擦係数の関係を示すマスタカーブ上の変換速度を演算する速度変換部と；

該速度変換部による変換速度を指示パラメータとして前記摩擦係数演算手段で算出された摩擦係数の値を記憶する記憶手段と；

を備えたことを特徴とする摩擦計測装置

(3) 円環状の試料を計測面に任意の設定荷重により押圧した状態で回転させる機構部と；

該機構部による試料の角速度及び又は角加速度を計測する回転計測部と；

前記機構部により試料を回転した時のトルクを計測するトルク計測手段と；

前記試料及び摩擦計測面の温度を同一と見做していざれか一方の温度を計測する温度計測部と；

前記角速度及び又は角加速度、トルクの各計測値、予め設定された前記試料を含む回転部の全慣

性モーメント、重量及び試料平均半径に基づいてその時の回転速度における摩擦係数を演算する摩擦係数演算手段と；

前記計測温度及び前記試料のガラス転移点に基づき、温度依存性をもたない速度と摩擦係数の関係を示すマスタカーブ上の変換速度を演算する速度変換部と；

該速度変換部による変換速度を指示パラメータとして前記摩擦係数演算手段で算出された摩擦係数の値を記憶する記憶手段と；

を備えたことを特徴とする摩擦計測装置

(4) 請求項1乃至3記載の摩擦計測装置に於いて、

更に、

計測温度を設定する温度設定手段と；

材料の計測速度を設定する速度設定手段と；

該設定温度及び設定速度に基づいて前記変換速度演算手段で得られた変換速度を指示パラメータ

として前記記憶手段の摩擦係数値を読み出し、該変換速度に対応する摩擦係数値が記憶されていない場合には、該変換速度の前後の変換速度に対応する記憶摩擦係数値を読み出して推定値を算出する推定値演算部と；

設けたことを特徴とする摩擦計測装置

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、ゴム等の高分子材料がアスファルト路面等に滑り接触した際の摩擦特性を計測する摩擦計測装置に関する。

〔従来の技術〕

従来、この種の摩擦計測装置としては、例えば第5図に示すようなものがある。

第5図において、支点1を中心として回転できる重錘2の底面にゴムパッド3をバネ材4で保持し、重錘2が降り下げられた時にゴムパッド3が路面5と適当な区間6で接触するようにセットする。

このセット状態で重錘2のある角度θ1で離し、路面5上を通過後、角度θ2まで上昇したすると、この角度θ1とθ2との関係により路面5とゴムパッド3との摩擦係数μを求めるようしている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、このような従来の摩擦計測装置にあっては、

①温度補正式を用いた計測後の摩擦係数値の修正計算を必要とする、

②実際的な滑り摩擦速度における摩擦係数値が得られない、

③実際的な単位面積当たりの荷重を加えた状態での摩擦係数値が得られない、

④任意の温度、湿度、滑り速度における摩擦係数値が得られない、

⑤路面の凹凸の程度によってはゴムパッドが路面上を滑動中に跳躍することにより計測値に大きな

バラツキを発生する、等の問題があった。

本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたもので、試料の滑り速度、荷重、温度等の任意の計測条件のもとに実情に合った摩擦係数値の計測及び推定ができる摩擦計測装置を提供することを目的とする。

[課題を解決するための手段]

この目的を達成するため本発明の請求項1にあっては、円環状の試料を計測面に任意の設定荷重により押圧した状態で所望の速度で定速回転、即ち角加速度ゼロで回転させる機構部と；該機構部による試料の角速度を計測する回転計測部と；前記機構部により試料を定速回転した時のトルクを計測するトルク計測部と；試料及び摩擦計測面の温度を同一と見做していざれか一方の温度を計測する温度計測部と；前記トルクの計測値と試料を含む回転部の重量及び試料平均半径に基づいてその時の滑り速度における摩擦係数を演算する摩擦

係数演算手段と；計測温度及び試料のガラス転移点に基づき、温度依存性をもたない速度と摩擦係数の関係を示すマスターカーブ上の変換速度を演算する速度変換部と；該速度変換部による変換速度を指示パラメータ（アドレス）として算出された摩擦係数値を記憶する記憶手段と；を設ける。

また本発明の請求項2にあっては、請求項1記載のトルク計測手段を除いた次の構成とする。

即ち、円環状の試料を計測面に任意の設定荷重により押圧した状態で所望の速度で回転させる機構部と；該機構部による試料の角速度及び又は角加速度を計測する回転計測部と；試料及び摩擦計測面の温度を同一と見做していざれか一方の温度を計測する温度計測部と；角速度及び又は角加速度、予め設定された前記試料を含む回転部の慣性モーメント、重量及び試料平均半径に基づいてその時の回転速度における摩擦係数を演算する摩擦係数演算手段と；計測温度及び試料のガラス転移

点に基づき、温度依存性をもたない速度と摩擦係数の関係を示すマスターカーブ上の変換速度を演算する速度変換部と；該速度変換部による変換速度を指示パラメータ（アドレス）として算出された摩擦係数値を記憶する記憶手段と；を設ける。

また本発明の請求項3にあっては、請求項1記載のトルク計測手段を除いた次の構成とする。

即ち、円環状の試料を計測面に任意の設定荷重により押圧した状態で回転させる機構部と；該機構部による試料の角速度及び又は角加速度を計測する回転計測部と；前記機構部により試料を回転した時のトルクを計測するトルク計測手段と；試料及び摩擦計測面の温度を同一と見做していざれか一方の温度を計測する温度計測部と；前記角速度及び又は角加速度、予め設定された前記試料を含む回転部の慣性モーメント、重量及び試料平均半径に基づいてその時の滑り速度における摩擦係数を演算する摩擦係数演算手段と；計測温度及び

試料のガラス転移点に基づき、温度依存性をもたない速度と摩擦係数の関係を示すマスターカーブ上の変換速度を演算する速度変換部と；該速度変換部による変換速度を指示パラメータ（アドレス）として算出された摩擦係数値を記憶する記憶手段と；を設ける。

更に、請求項4にあっては、前述の請求項1～3の各々に、計測温度と計測速度を設定する設定手段を設け、設定速度及び設定温度から前記速度変換手段によりマスターカーブ上の変換速度を求めて記憶手段から対応する摩擦係数値を読み出し、変換速度に対応する摩擦係数値が記憶されていない時には、該変換速度の前後の変換速度に対応する摩擦係数値を読み出して推定値を算出する推定値算出手段を設ける。

更に要約するならば、

請求項1：角加速度 = 0 の場合（定速回転）

請求項2：トルク = 0 の場合

請求項3；角速度加速度=0、トルク=0の場合

請求項4；請求項1,2,3に機能を追加した場合となる。

[作用]

このような構成を備えた本発明の摩擦計測装置によれば、温度異常性をもたないマスタカーブによる変換速度を指示パラメータ（アドレス）として実際に計測された摩擦係数値をメモリに記憶することができ、更に、滑り速度、荷重、を任意に設定変更することで必要とする条件での摩擦係数データを広範に収集することができる。

更に、マスタカーブを与える記憶データが得られた場合には、実際に計測しなくとも速度及び温度を任意に設定するデータ処理により記憶された摩擦係数値は勿論のこと、設定値に基づく変換速度に対応する摩擦係数値が存在しなくとも、例えば前後の値に基づく補間演算により正確に推定値を得ることができる。

た試料取付部48の上部には重錘52が乗せられており、重錘52を選ぶことで試料50の路面に対する単位面積当たりの荷重を適宜に調整できるようしている。

更に駆動入力軸42の左側に対向した枠38内には回転計測部16が装着され、駆動伝達部44の角速度、即ち試料50の角速度を検出できるようしている。

再び第1A図を参照するに、第2図に示した構造の機構部10には重錘52により荷重を設定する荷重設定部12、試料の角速度を検出する回転計測部16、更にトルクを計測するトルク計測部18が設けられており、更に試料50と路面の温度を同一と見なして、いずれか一方の温度を計測する温度計測部14が設けられている。

ここで回転計測部16はセンサにより試料の角速度 $\Omega(t)$ を検出し、更に角速度 $\Omega(t)$ の時間微分により角加速度 $A(t)$ を算出して出力す

[実施例]

第1A図は本発明の一実施例を示した実施例構成図である。

第1A図において、10は機構部であり、荷重設定部12による荷重設定を機械的に受けている。この機構部10及び荷重設定部12の構成は第2図に示される。

第2図において、36は駆動モータであり、装置を計測対象とする路面上に設置するための枠38の上部に設けられる。駆動モータ36の駆動軸46はトルク計測部18を介して駆動入力軸42に連結され、駆動入力軸42の先端には駆動力伝達部44を介して駆動伝達ピン46が装着されている。駆動伝達ピン46は円環状の試料取付部48に嵌め入れられ、試料取付部48は駆動伝達ピン46に対し軸方向に移動自在に支持されている。試料取付部48は下側にゴム等の高分子材料で成る円環状の試料50を取り付けている。ま

る。

温度計測部14による計測温度T、回転計測部16による角速度 $\Omega(t)$ 及び角加速度 $A(t)$ 、更にトルク計測部18による計測トルク $\tau(t)$ はそれぞれ演算部20に与えられる。

演算部20には、計測時の試料滑り速度Vを後の説明で明らかにするマスターカーブにおける変換速度 $a_T V$ に変換する速度演算部20-1、計測時の滑り速度Vに対応する摩擦係数 $\mu(V)$ を演算する摩擦係数演算部20-2、更に角速度 $\Omega(t)$ を滑り速度 $V(t)$ に変換する速度演算部20-3に3つの演算機能が設けられている。

そこで演算部20に設けた3つの演算部による演算機能を説明すると次のようになる。

まず、摩擦係数演算部20-2による摩擦係数 $\mu(V)$ の演算は、第1図に示した試料50の平均半径をr、試料取付部48、試料50及び重錘52で成る回転部の全慣性モーメントをI、更に

回転部の重量を Mg (但し g は重力加速度) とし、更に任意の時刻 t における角加速度を $A(t)$ 、トルクを $\tau(t)$ とすると、次式でその時の滑り速度 $V(t)$ における摩擦係数 $\mu(V)$ を算出することができる。

$$\mu(V) = \{ \tau(t) - A(t) \cdot M \} / (t \cdot M \cdot g) \quad \cdots (1)$$

次に速度演算部 20-3 による角速度 $\Omega(t)$ から滑り速度 $V(t)$ の演算は、任意の時刻 t における角速度を $\Omega(t)$ とすると、

$$V(t) = r \cdot \Omega(t) \quad \cdots (2)$$

として算出することができる。

次に速度変換演算部 20-1 による変換速度 $a_T V$ の演算機能を説明する。まず、ゴム等の高分子材料の滑り速度 V と摩擦係数 μ との間には、例えば第3図に示すように広範囲の摩擦速度において摩擦係数の各温度での値が変化し、高温になる程 $\mu - V$ 曲線は高速度側に移動するようになる。

を限界としている。

第4図は第3図の温度をパラメータとした $\mu - V$ 特性カーブにつき、前記第(3)式を適用して変換速度 $\log(a_T V)$ を求めて統一したマスタカーブを示す。

従って、第1A図の演算部 20 に設けられた速度変換演算部 20-1 は、速度演算部 20-3 により得られた滑り速度 V 及び計測温度 T に基づき、前記第(3)式を使用してマスタカーブの変換速度 $\log(a_T V)$ 又は $(a_T V)$ を材質データ設定部 22 からのガラス転移点 T_G を用いて求めること。

演算部 20 で演算された摩擦係数 $\mu(V)$ とマスタカーブ上の変換速度 $\log(a_T V)$ 又は $(a_T V)$ はメモリ 24 に与えられ、テーブル情報として記憶される。即ち、実際の計測時には試料の滑り速度を設定変更して逐次摩擦係数を求めていくことから、メモリ 24 には第1B図に示す

このような第3図に示す温度依存性をもつ滑り速度と摩擦係数の特性カーブにつき Williams-Landel-Ferry の変換理論式による変換速度 $\log(a_T V)$ を求ることで、温度に無関係な $\mu - V$ 特性カーブ、即ちマスタカーブを得ることができる。このマスタカーブへの変換式は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \log(a_T V) &= \\ [-8.86(T-T_G+50)] / [101.5+(T_G+50)] &+ \log V \end{aligned} \quad \cdots (3)$$

この第(3)式において、 T が環境温度、即ち計測温度であり、 T_G はゴム材料のガラス転移点であり、ゴムの場合 $T_G = -50 \sim -60^\circ\text{C}$ 程度であり、計測で用いる試料 50 の材質に応じて第1図の材質データ設定部 22 により設定される。またこの第(3)式に基づくマスタカーブへの変換理論は、

$$T < T_G + 100 \quad \cdots (4)$$

ように、例えば変換速度 $(a_T V)_i$ をアドレス (指示パラメータ) として角速度に対応する摩擦係数値 μ_i (但し、 i は 1, 2, 3, … の整数) が記憶されるようになる。

制御部 26 は前述した機構部 10 からメモリ 24 までの摩擦計測に必要な全体的な制御処理を行なう。例えば、荷重設定部 12 により適宜の荷重を設定した状態で予め定めた速度範囲の所定の速度ステップとなるように機構部 10 に設けた駆動モータ 36 を順次速度制御し、駆動モータにより試料 50 を定速回転する状態で得られる各計測部 14, 16, 18 の出力に基づき演算部 20 で変換速度 $(a_T V)_i$ と摩擦係数 μ_i を求めてメモリ 24 に逐次格納するようになる。更に、ある設定荷重における一連の第1B図に示すようなメモリデータが得られたならば、次に設定荷重を変更して同様なメモリデータを得るようにしてもよい。

更に第1A図の実施例には、温度設定部28、速度設定部30、推定値算出部32及び出力部34を備えたデータ読出部60が設けられている。

データ読出部60は、メモリ24に第1B図に示すデータが格納できた後に、設定温度及び設定速度に対応した摩擦係数値を得るために使用される。

即ち、温度設定部28により任意の設定温度Tsを設定すると共に、速度設定部30により任意の滑り速度Vsを設定すると、これら設定温度Ts及び設定速度Vsは推定値算出部32を介して演算部20に与えられ、演算部20の速度変換演算部20-1により前記第(3)式に従ってマスタカーブ上の変換速度log(aTv)又は(aTv)がアドレスデータとして求められる。従って、推定値算出部34は演算部20で算出された設定温度及び設定速度に基づくアドレスデータlog(aTv)又は(aTv)によりメモリ

時の摩擦熱による影響を補正しなくても特に問題はない。即ち、試料50を定速回転した場合には、摩擦熱により温度が上昇する。例えば、試料50をゴム材料とした時の温度分布は一次元の熱伝導式を用いて次式で与えられる。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \left(\frac{k}{\rho c} \right) \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) \quad \dots (5)$$

但し、k : 热伝導度

ρ : 密度

c : 比熱

また、試料50の半無限の端面($x=0$)に発熱Qがある場合の前記第(5)式の温度分布解は、

$$T(x, t) = \int_0^t \exp\left[-\frac{x^2}{4kt}\right] \times \left[2Q/\rho c\right] / 2\sqrt{\pi kt/\rho c} dt \quad \dots (6)$$

で与えられる。

ここで、短時間での急加速、ゴムの熱特性、路

24をリードアクセスし、対応する摩擦係数データμを読み出して出力部34に出力する。

この時、設定温度及び設定速度に基づいて算出されたマスタカーブ上の変換速度に対応する摩擦係数データが必ずしもメモリ24に格納されていないことから、アクセスアドレスの両側に位置する変換速度に対応する摩擦係数データ、例えば第1B図の(aTv)1と(aTv)2との間のアクセスアドレスについては、摩擦係数データμ1とμ2を読み出して補間演算により推定値を求めて出力部34に出力する。例えば、第4図の×印に示すようなマスタカーブに従ったデータがメモリ24に記憶されていたとすると、×印以外のlog(aTv)については両側の×印を結ぶ直線から対応する推定値(近似値)を算出する。

ここで、第1A図の温度計測部14には計測開始時の試料50の温度Tを計測して演算部20の演算に使用しているが、試料50を定速回転した

面の熱特性を考慮すると、ゴムの内部温度上昇は微小であり、摩擦係数に関連する弾性率は初期に計測した温度におけるものと同等として扱いうる。従って、第1A図における温度計測部14による温度計測は、計測開始時の材料50の温度を計測して、演算部20に設定すればよい。即ち、試料50を定速回転した際の摩擦熱による温度上昇分を考慮した温度計測は特に必要ではない。

更に第1B図のメモリ24にあっては、アドレスとして前記第(3)式の(aTv)を格納しているが、log(aTv)を使用してもよいことは勿論である。

次に上記の実施例による計測動作を説明する。

まず、第2図に示すように第1A図の構成を備えた本発明の計測装置を計測対象となる、例えばアスファルト舗装された適宜の現場に運び、試料50を取り付けた試料取付部48を駆動伝達ピン46に嵌め入れ、更に重錘52により適宜の荷重

設定を行なう。この時、駆動モータ1による回転軸は路面と垂直となるように枠38を調整する。

次に試料50及び路面はほぼ同一温度と見做してその時の周囲の温度Tを温度計測部14で計測して演算部20にセットする。また試料50のガラス転移点 T_G を材質データ設定部22により設定する。

続いて制御部26に計測試験を行なう滑り速度を多段階に設定し、各滑り速度毎に測定開始を指示する。この測定開始により制御部26は機構部10に設けた駆動モータ36を設定速度となるよう短時間に加速して定速回転、即ち角加速度 $A(t) = 0$ とし、定速回転状態で演算部20に演算指令を出し、その時、回転計測部16から得られている角速度 $\Omega(t)$ 及びトルク計測部18からのトルク $\tau(t)$ を取り込み、前記第(1)式の $A(t) = 0$ とおいた式に従って摩擦係数 $\mu(V)$ を演算すると共に滑り速度 $V(t)$ を求め、

摩擦係数データについても推定値として求めることができる。

以上が角加速度 $A(t) = 0$ と定速回転した時の実施例であるが、他の実施例として試料を回転させた時、例えば定速回転に至るまでの間に計測される角速度加速度 $A(t)$ 及びトルク $\tau(t)$ を各々を取込んで前記第(1)式に従って摩擦係数 $\mu(V)$ を演算してもよいことは勿論である。

次に第1A図に設けられたトルク計測部18を必要としないトルク $\tau(t) = 0$ の場合の本発明の他の実施例を説明する。

前記の実施例にあっては、第2図に示すように、駆動モータ36により試料50を所望の速度に定速回転した状態で摩擦係数 $\mu(V)$ を前記第(2)式に従って演算するようにしているが、本発明の他の実施例としては、駆動モータ36により試料50を所望の計測速度に回転した後に駆動モータ36による駆動を停止して回転部をフリー回転状

更に滑り速度 $V(t)$ を前記第(3)式を用いて、マスタカーブ上の変換速度($a_T V$)または $I_0 g(a_T V)$ に変換し、第1B図に示すようにメモリ24に変換速度をアドレスとして摩擦係数データを書き込む。このような計測処理を制御部26に対し多段階に設定された滑り速度の各々について行なうことで、メモリ24には第1B図に示すようなマスタカーブに対応した $\mu-V$ カーブのテーブルデータが得られる。

このようにメモリ24に $\mu-V$ のマスタカーブデータが格納できたならば、例えば本発明の摩擦計測装置を試験研究設備に持ち帰り、データ読出部60を使用して、例えば自動車のブレーキ制御の判定等に使用する滑り速度と摩擦係数の関係を得るために、適宜の温度及び速度を設定してメモリ24のマスタカーブデータに基づく摩擦係数データを取り出し、この場合に推定値算出部32による推定演算を行なって実際に計測されていない

態とし、試料50の慣性回転による回転停止までの間の角加速度 $A(t)$ から摩擦係数 $\mu(V)$ を計測する。即ち、慣性回転により回転部がトルク $\tau(t) = 0$ となるため、前記第(1)式は、

$$\mu(V) = A(t) \cdot I / (I + M \cdot g) \quad \dots (1)$$

で与えられることとなり、全慣性モーメント I 及び重量 Mg 及び試料50の平均半径 r は定数として与えられることから、回転計測部16による角加速度 $A(t)$ の計測値のみをもって摩擦係数 $\mu(V)$ を演算することができる。従って、トルク計測部18は不要とできる。

[発明の効果]

以上説明してきたように本発明によれば、任意の温度及び速度における摩擦係数を求めることができ、円環状の試料を計測面に滑り接触させていることから、路面凹凸による計測値のバラつきが少なく、信頼性の高い計測値を安定して得ることができる。

更に、試料に適宜の面荷重を設定した状態で滑り速度を与えて、摩擦係数を計測しているため、未確認の因子による影響が少なく、例えば車両制動状態等の実状にあった摩擦係数データを収集することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1A図は本発明の実施例構成図；

第1B図は本発明によるメモリーデータ説明図；

第2図は第1図の機構部の構成図；

第3図は温度をパラメータとした $\mu - V$ 特性図；

第4図は第3図から得られた温度依存性をもたないマスタカーブの $\mu - V$ 特性図；

第5図は従来装置の説明図である。

1 0 : 機構部

1 2 : 荷重設定部

1 4 : 温度計測

1 6 : 回転計測部

1 8 : トルク計測部

2 0 : 演算部

2 0 - 1 : 速度変換演算部

2 0 - 2 : 摩擦係数演算部

2 0 - 3 : 速度演算部

2 2 : 材質データ設定部

2 4 : メモリ

2 6 : 制御部

2 8 : 温度設定部

3 0 : 速度設定部

3 2 : 推定値算出部

3 4 : 出力部

3 6 : 駆動モータ

3 8 : 柄

4 0 : 駆動軸

4 2 : 駆動入力軸

4 4 : 駆動力伝達部

4 6 : 駆動伝達ビン

4 8 : 試料取付部

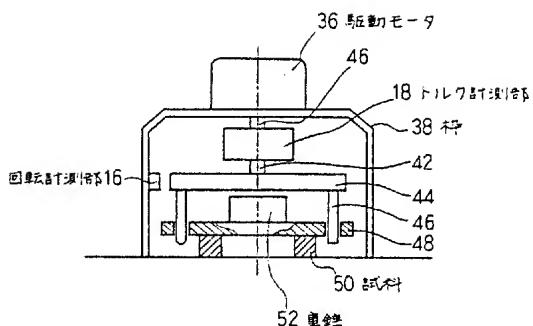
5 0 : 試料

5 2 : 重錘

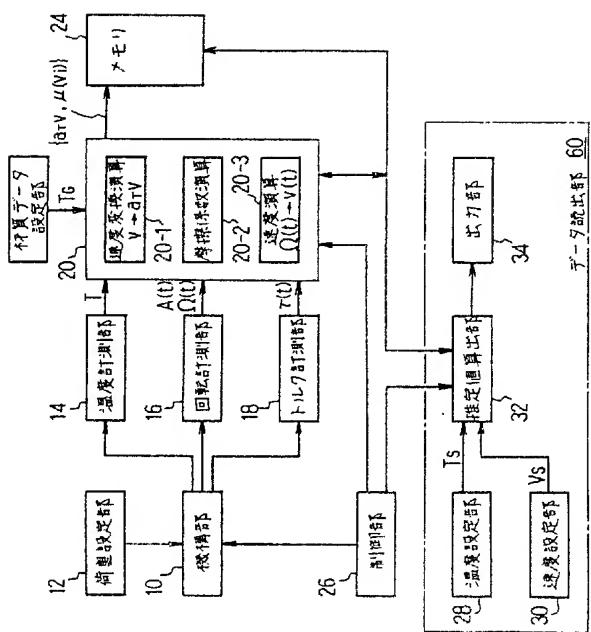
特許出願人 株式会社東京計器

代理人 弁理士 竹内 進

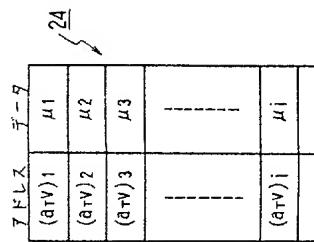
代理人 弁理士 宮内 佐一郎



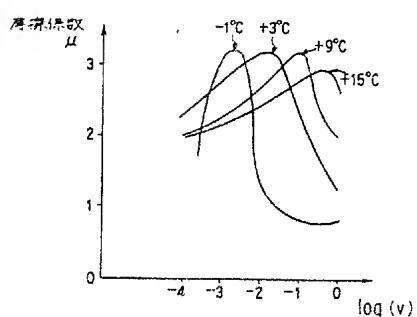
第2図



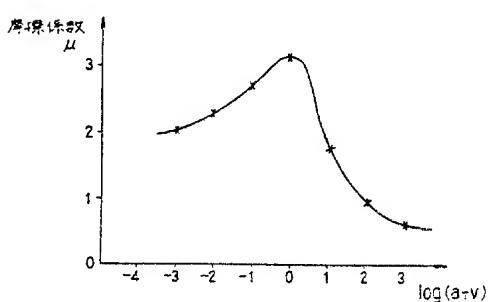
卷之三



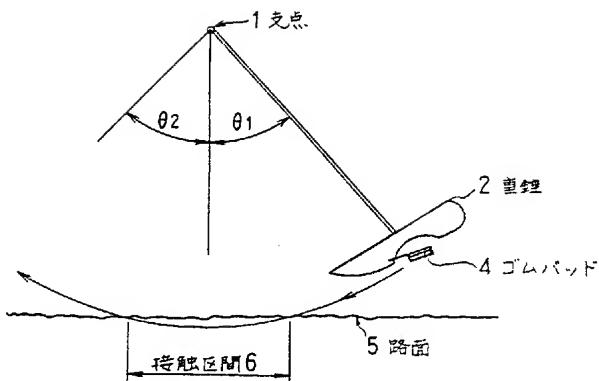
四一八



第 3 図



第4圖



第 5 図